



دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی قزوین  
دانشکده پزشکی

## بررسی حذف کروم با استفاده از دو بیو جاذب Prosopis Cineraria و Syzygium cumini از محیط آبی

اساتید مشاور:

دکتر حمزه علی جمالی

استاد راهنما:

دکتر رضا قنبری

دانشجو:

مأده سلیمانی

سال تحصیلی: ۱۳۹۹-۱۴۰۰



## بیان مسئله و مقدمه

• فلزات سنگین در محیط زیست

• اثرات فلزات سنگین

• کروم ← اثر کروم بر محیط زیست و انسان

← برخی از روش های حذف کروم

- فرآیند انعقاد الکتریکی
- فرآیند اسمز معکوس
- فرآیند جذب سطحی
- روش جذب زیستی

مزایای فرایند بیوجذب

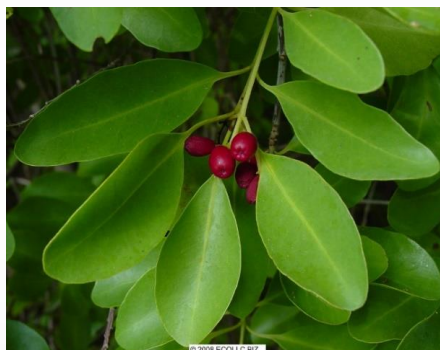
## بیان مسئله و مقدمه



Prosopis Cineraria

• بیوجاذب ها

Syzygume Cumini



• روش مدلسازی فرآیندها توسط روش سطح پاسخ

طرح مرکب مرکزی



## اهداف پژوهش

### □ هدف کلی:

تعیین مقدار حذف کروم با استفاده از دو بيو جاذب *Prosopis Cineraria* و *Syzygium cumini* از محیط آبی

### □ اهداف اختصاصی:

- 1) تعیین اثر زمان تماس در حذف کروم از محلول آبی توسط *Prosopis cineraria*
- 2) تعیین اثر pH در حذف کروم از محلول آبی توسط *Prosopis cineraria*
- 3) تعیین اثر دوز جاذب در حذف کروم از محلول آبی توسط *Prosopis cineraria*
- 4) تعیین اثر غلظت اولیه کروم در حذف کروم از محلول آبی توسط *Prosopis cineraria*
- 5) تعیین اثر زمان تماس در حذف کروم از محلول آبی توسط *Syzygium cumini*
- 6) تعیین اثر pH در حذف کروم از محلول آبی توسط *Syzygium cumini*
- 7) تعیین اثر دوز جاذب در حذف کروم از محلول آبی توسط *Syzygium cumini*
- 8) تعیین اثر غلظت اولیه کروم در حذف کروم از محلول آبی توسط *Syzygium cumini*
- 9) مقایسه میزان جذب کروم توسط دو جاذب *Prosopis cineraria* و *Syzygium cumini*



## اهداف پژوهش

### □ هدف کاربردی:

(1) استفاده از نتایج این تحقیق در سازمان های صنعت معدن و تجارت و سازمان حفاظت محیط زیست و صاحبان صنایع جهت بکار گیری نتایج برای تصفیه فاضلاب های حاوی کروم



## فرضیات پژوهشی

- (1) زمان تماس در حذف کروم از محلول آبی توسط *Prosopis cineraria* موثر است.
- (2) pH پایین در حذف کروم از محلول آبی توسط *Prosopis cineraria* تاثیر مثبت دارد.
- (3) دوز جاذب در مقادیر زیاد در حذف کروم از محلول آبی توسط *Prosopis cineraria* اثر مثبت دارد.
- (4) غلظت اولیه کروم در حذف کروم از محلول آبی توسط *Prosopis cineraria* موثر است.
- (5) زمان تماس زیاد با *Syzygium cumini* در حذف کروم از محلول آبی اثر مثبت دارد.
- (6) pH بالا در حذف کروم از محلول آبی توسط *Syzygium cumini* اثر منفی دارد.
- (7) دوز جاذب در مقادیر زیاد در حذف کروم از محلول آبی توسط *Syzygium cumini* اثر فزاینده دارد.
- (8) غلظت اولیه کروم در حذف کروم از محلول آبی توسط *Syzygium cumini* موثر است.
- (9) میزان جذب کروم توسط جاذب *Prosopis cineraria* بیشتر از *Syzygium cumini* است.



## مروری بر مطالعات

عنوان

سال

محققین

پروسی جذب سرب از محلول آبی با استفاده از نانو خاکستر برگ *prosopis cineraria* نتیجه: یون های سرب به طور کامل از محلول آبی با دمای ۲۵ درجه با دوز ۵/۲ گرم در لیتر جاذب، غلظت اولیه سرب ۳۰ میلی گرم در لیتر، pH برابر ۶ و بعد از ۱۰۰ دقیقه حذف شدند. داده های مربوط به جذب با مدل مرتبه دوم pseudo و مدل ایزوترم لانگمویر تناسب داشت.

۱۳۹۷ شاه ملکی و همکاران

مطالعات تعادلی، کینتیکی و دینامیکی جذب کروم، نیکل و مس از محلول آبی با استفاده از باقیمانده های کشاورزی نتیجه: با افزایش غلظت اولیه فلزات میزان حذف کاهش می یابد و بیشترین حذف کروم در pH برابر ۲، نیکل در pH برابر ۶ و مس در pH برابر ۴ رخ می دهد.

۲۰۱۳ کااور و همکاران

بهینه سازی حذف ناپیوسته کروم شش ظرفیتی از محلول آبی توسط پوسته گندم نتیجه: جذب کروم در شرایط اسیدی (pH برابر ۲) ۹۸٪ بدست آمد. همچنین تحت شرایط بهینه راندمان حذف برابر ۹۵/۲٪ مشاهده شد. ثابت های فروندلیچ و لانگمویر برای جذب کروم (VI) بر روی پوسته های گندم تعیین شد و مشاهده شد که داده های جذب به خوبی با مدل ایزوترم لانگمویر مطابقت دارد.

۲۰۱۲ ساها و همکاران

## مواد و روش کار

### ○ نوع مطالعه

✓ این مطالعه از نوع تجربی بود که در مقیاس **آزمایشگاهی** انجام شد. آزمایش های مقدماتی در ماه های اردیبهشت تا تیر و آزمایش های اصلی نیز **از مرداد تا دی ماه ۱۳۹۸** در آزمایشگاه پایلوت واقع در دانشکده بهداشت انجام شد.

### ○ جامعه مورد بررسی

✓ در این مطالعه از محلول آبی به عنوان فاضلاب حاوی کروم استفاده شد. به این صورت که مقدار ۰/۱۴ گرم از نمک دی کرومات پتاسیم  $K_2Cr_2O_7$  وزن و در حجم مشخصی از آب شهری حل شد تا محلول استوک دی کرومات پتاسیم تهیه گردد.

### ○ طراحی آزمایش ها

✓ تعیین دامنه متغیرها بر اساس مطالعات قبلی و آزمایش های مقدماتی انجام شده در آزمایشگاه پایلوت دانشکده بهداشت.

✓ با داشتن دامنه متغیرها و استفاده از نرم افزار Design Expert 7 توسط طرح مرکب مرکزی که یکی از زیرمجموعه های روش سطح پاسخ است.





## مواد و روش کار

### ○ طراحی آزمایش ها

#### • معادله تعیین مقدار $\alpha$

$$\alpha = 2^{n/4} = 2^{4/4}$$

### جاذب SC

| متغیرها |    |     |     |     | سطوح کد بندی شده          |
|---------|----|-----|-----|-----|---------------------------|
| -۲      | -۱ | ۰   | +۱  | +۲  |                           |
| ۳       | ۱۲ | ۲۱  | ۳۰  | ۳۹  | A: دوز جاذب (g/100mL)     |
| ۱/۵     | ۲  | ۲/۵ | ۳   | ۳/۵ | pH:B                      |
| ۱۰      | ۲۰ | ۳۰  | ۴۰  | ۵۰  | C: غلظت اولیه کروم (mg/L) |
| ۳۰      | ۶۰ | ۹۰  | ۱۲۰ | ۱۵۰ | D: زمان (min)             |

### جاذب PC

| متغیرها |    |     |    |     | سطوح کد بندی شده          |
|---------|----|-----|----|-----|---------------------------|
| -۲      | -۱ | ۰   | +۱ | +۲  |                           |
| ۱       | ۲  | ۳   | ۴  | ۵   | A: دوز جاذب (g/100mL)     |
| ۱/۵     | ۲  | ۲/۵ | ۳  | ۳/۵ | pH:B                      |
| ۱۰      | ۲۰ | ۳۰  | ۴۰ | ۵۰  | C: غلظت اولیه کروم (mg/L) |
| ۱۵      | ۳۰ | ۴۵  | ۶۰ | ۷۵  | D: زمان (min)             |

## مواد و روش کار

### ○ طراحی آزمایش ها

- تعیین تعداد آزمایش ها

۳۰ آزمایش برای هر جاذب

در مجموع ۶۰ آزمایش

$$N = 2^K + 2K + C_p$$

- مدل چند جمله ای درجه دوم

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{ii \leq i}^k \sum_j^k \beta_{ij} x_i x_j + \dots + e$$

## مواد و روش کار

### ○ روش نمونه گیری

- برای تهیه غلظت های مختلف کروم از محلول استوک به میزان مشخصی برداشته و در بالن های ۱۰۰ سی سی به حجم رساندیم. سپس به مقدار مشخص از پودر هر دو جاذب *Syzygium cumini* و *Prosopis cineraria* به صورت جداگانه به وسیله ترازوی دیجیتالی وزن کرده و در ارلن های ۲۵۰ سی سی ریختیم. پس از آن محلول های آماده کروم را به صورت جداگانه با جاذب مورد نظر مخلوط کرده و روی همزن یا شیکر با سرعت ثابت ۱۸۰ دور در دقیقه و با زمان تماس های معین برای هر یک از بیوجاذب ها قرار دادیم.



## مواد و روش کار

### ○ ابزار گردآوری داده ها

✓ ارلن ۲۵۰ سی سی و پیپت ۵، ۱۰، ۲۰

✓ بالن ۵۰۰ و ۱۰۰ سی سی

✓ آب مقطر و آب شهری

✓ pH متر مدل CONSORT C831 بلژیک

✓ ترازوی دیجیتالی AND مدل EK-300i ژاپن

✓ شیکریا همزن مدل POLE IDEAL PARS ایران

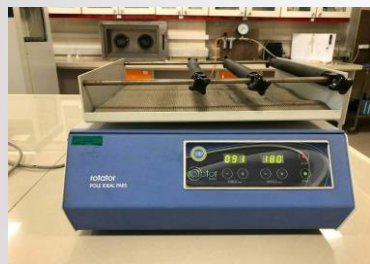
✓ دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی مدل BRAICwfx-130 چین

✓ کاغذ صافی واتمن ۴۲/۰ میکرون انگلستان سایز ۱۲/۵ سانتیمتری

✓ اسید نیتریک ۶۵ درصد

✓ پودر جاذب Prosopis cineraria و Syzygium cumini تهیه شده از درختان جمبو و

کهور واقع در مناطق جنوب کشور



## مواد و روش کار

### ○ روش انجام آزمایش ها

✓ در طول آزمایش اثرات متغیرهای زیر بررسی شد:

✓ دوز بیوجاذب *Syzygium cumini* (۳، ۱۲، ۲۱، ۳۰ و ۳۹ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر)

✓ دوز بیوجاذب *Prosopis cineraria* (۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر)

✓ زمان تماس جاذب *Syzygium cumini* (۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ دقیقه)

✓ زمان تماس جاذب *Prosopis cineraria* (۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰ و ۷۵ دقیقه)

✓ غلظت اولیه کروم (۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ میلی گرم در لیتر)

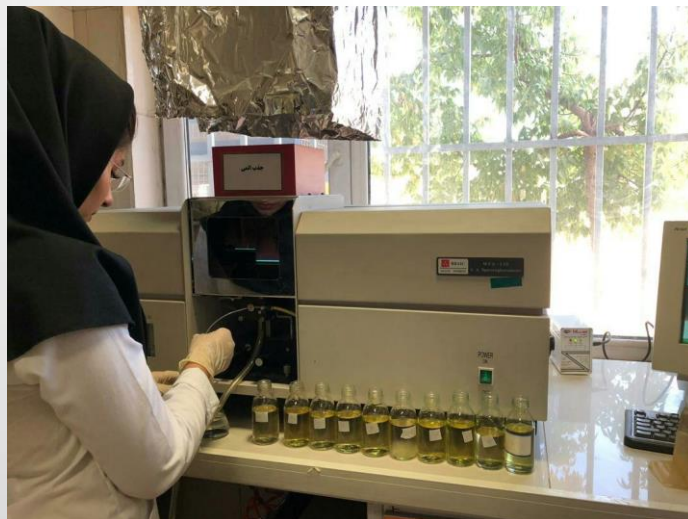
✓ pH (۱/۵، ۲، ۲/۵، ۳ و ۳/۵)

برای هر آزمایش ۱۰۰ میلی لیتر محلول با غلظت مشخصی از کروم و مقادیری از هر کدام از بیوجاذب ها در ارلن مایر ریخته و بعد از شیک کردن با ۱۸۰ دور در دقیقه، در دمای محیط و در فواصل زمانی مشخصی بعد از فیلتر شدن با فیلتر واتمن ۴۲/۰ میکرون، نمونه-برداری صورت گرفت.

در نتیجه با استفاده از مقادیر حاصل نوع معادله ایزوترم و سنتیک جذب مشخص شد.

## مواد و روش کار

### ○ روش انجام آزمایش ها





## مواد و روش کار

○ روش تجزیه و تحلیل داده ها

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_m \times b C_e} + \frac{1}{q_m}$$

✓ ایزوترم جذب  
✓ ایزوترم لانگمویر

$$\log q_e = \log k_f + \frac{1}{n} \log C_e$$

✓ فرندلیچ

$$\ln(q_{eq} - q) = \ln q_{eq} - \frac{k_1 t}{2.303}$$

✓ سنتتیک جذب  
معادله سنتتیک درجه اول

معادله سنتتیک درجه دوم

$$\frac{t}{q} = \frac{1}{k_2 q_{eq}^2} + \frac{1}{q_{eq}} t$$



مقدمه

مروری بر منابع

مواد و روش ها

نتایج

بحث و نتیجه  
گیری

پیشنهادهات

## مواد و روش کار

○ روش تجزیه و تحلیل داده ها

✓ بهینه سازی





## مواد و روش کار

### ○ ملاحظات اخلاقی

مجریان طرح خود را به انجام کامل و صحیح طرح و اعلام نتایج واقعی آزمایش ها ملزم می دانند.

ملاحظات اخلاقی در این طرح مربوط به مواد شیمیایی مورد استفاده و پسماندهای محتمل تولیدی بود که با رعایت اصول ایمنی و زیست محیطی و با توجه به امکانات موجود مدیریت گردید.



مقدمه

مروری بر منابع

مواد و روش ها

نتایج

بحث و نتیجه  
گیری

پیشنهادهات

## یافته ها

جدول ماتریس طرح مرکب مرکزی  
با چهار متغیر مستقل و نتایج واقعی و  
پیش بینی شده توسط مدل درجه دوم  
آماري برای حذف کروم توسط

Prosopis Cineraria

| راندمان حذف کروم (%)  |       | pH | زمان (min) | غلظت اولیه کروم (mg/L) | دوز پروسوپی س سینراریا (gr/100) (mL) | شماره آزمایش (تصادفی) | شماره آزمایش |
|-----------------------|-------|----|------------|------------------------|--------------------------------------|-----------------------|--------------|
| پیش بینی شده توسط مدل | واقعی |    |            |                        |                                      |                       |              |
| ۴۰/۳۵                 | ۴۲/۴۵ | ۲  | ۳۰         | ۲۰                     | ۲                                    | ۲۴                    | ۱            |
| ۵۳/۴۳                 | ۵۴/۵۲ | ۲  | ۳۰         | ۲۰                     | ۴                                    | ۲۵                    | ۲            |
| ۷۴/۶۴                 | ۷۵/۶۵ | ۲  | ۳۰         | ۴۰                     | ۲                                    | ۳۰                    | ۳            |
| ۷۱/۳۴                 | ۷۲/۵۵ | ۲  | ۳۰         | ۴۰                     | ۴                                    | ۳                     | ۴            |
| ۶۳/۵۲                 | ۶۴/۳۴ | ۲  | ۶۰         | ۲۰                     | ۲                                    | ۲                     | ۵            |
| ۸۶/۸۳                 | ۸۸/۴۵ | ۲  | ۶۰         | ۲۰                     | ۴                                    | ۴                     | ۶            |
| ۷۷/۱۱                 | ۷۸/۳۲ | ۲  | ۶۰         | ۴۰                     | ۲                                    | ۱۱                    | ۷            |
| ۸۴/۰۵                 | ۸۵/۴۵ | ۲  | ۶۰         | ۴۰                     | ۴                                    | ۲۷                    | ۸            |
| ۳۱/۱۰                 | ۳۱/۲۲ | ۳  | ۳۰         | ۲۰                     | ۲                                    | ۱۷                    | ۹            |
| ۴۸/۱۲                 | ۴۷/۴۱ | ۳  | ۳۰         | ۲۰                     | ۴                                    | ۷                     | ۱۰           |
| ۵۸/۶۸                 | ۵۷/۵۶ | ۳  | ۳۰         | ۴۰                     | ۲                                    | ۱۹                    | ۱۱           |
| ۵۹/۳۳                 | ۶۰    | ۳  | ۳۰         | ۴۰                     | ۴                                    | ۱۸                    | ۱۲           |
| ۴۱/۲۷                 | ۴۰/۵۶ | ۳  | ۶۰         | ۲۰                     | ۲                                    | ۸                     | ۱۳           |
| ۶۸/۵۲                 | ۶۹    | ۳  | ۶۰         | ۲۰                     | ۴                                    | ۲۶                    | ۱۴           |
| ۴۸/۱۶                 | ۴۸/۵۶ | ۳  | ۶۰         | ۴۰                     | ۲                                    | ۵                     | ۱۵           |



## یافته ها

ادامه جدول ماتریس طرح مرکب  
مرکزی با چهار متغیر مستقل و نتایج  
واقعی و پیش بینی شده توسط مدل  
درجه دوم آماری برای حذف کروم  
توسط *Prosopis Cineraria*

| راندمان حذف کروم (%)  |       | pH  | زمان (min) | غلظت اولیه کروم mg/L ( | دوز پروسوپ یس سینراریا gr/100 (mL | شماره آزمایش (تصادف ی) | شماره آزمایش |
|-----------------------|-------|-----|------------|------------------------|-----------------------------------|------------------------|--------------|
| پیش بینی شده توسط مدل | واقعی |     |            |                        |                                   |                        |              |
| ۵۹/۰۵                 | ۵۷/۴۵ | ۳   | ۶۰         | ۴۰                     | ۴                                 | ۶                      | ۱۶           |
| ۴۵/۴۶                 | ۴۴/۵۴ | ۲/۵ | ۴۵         | ۳۰                     | ۱                                 | ۲۸                     | ۱۷           |
| ۶۹/۴۲                 | ۶۸/۳۴ | ۲/۵ | ۴۵         | ۳۰                     | ۵                                 | ۲۳                     | ۱۸           |
| ۴۲/۶۴                 | ۴۱/۲۳ | ۲/۵ | ۴۵         | ۱۰                     | ۳                                 | ۲۱                     | ۱۹           |
| ۶۷/۴۵                 | ۶۶/۸۷ | ۲/۵ | ۴۵         | ۵                      | ۳                                 | ۱                      | ۲۰           |
| ۵۳/۷۱                 | ۵۲/۵۲ | ۲/۵ | ۱۵         | ۳۰                     | ۳                                 | ۲۰                     | ۲۱           |
| ۷۶/۵۹                 | ۷۵/۷۸ | ۲/۵ | ۷۵         | ۳۰                     | ۳                                 | ۱۴                     | ۲۲           |
| ۸۰/۸۸                 | ۷۶/۶۵ | ۱/۵ | ۴۵         | ۳۰                     | ۳                                 | ۱۶                     | ۲۳           |
| ۴۶/۶۲                 | ۴۸/۸۵ | ۳/۵ | ۴۵         | ۳۰                     | ۳                                 | ۱۲                     | ۲۴           |
| ۶۹/۷۱                 | ۷۱/۵۶ | ۲/۵ | ۴۵         | ۳۰                     | ۳                                 | ۱۳                     | ۲۵           |
| ۶۹/۷۱                 | ۶۸/۷۹ | ۲/۵ | ۴۵         | ۳۰                     | ۳                                 | ۱۰                     | ۲۶           |
| ۶۹/۷۱                 | ۶۴/۱۳ | ۲/۵ | ۴۵         | ۳۰                     | ۳                                 | ۲۲                     | ۲۷           |
| ۶۹/۷۱                 | ۷۰/۱۱ | ۲/۵ | ۴۵         | ۳۰                     | ۳                                 | ۱۵                     | ۲۸           |
| ۶۹/۷۱                 | ۷۵/۱۳ | ۲/۵ | ۴۵         | ۳۰                     | ۳                                 | ۲۹                     | ۲۹           |
| ۶۹/۷۱                 | ۶۸/۵۴ | ۲/۵ | ۴۵         | ۳۰                     | ۳                                 | ۹                      | ۳۰           |



## یافته ها

جدول ماتریس طرح مرکب مرکزی با  
چهار متغیر مستقل و نتایج واقعی و  
پیش بینی شده توسط مدل درجه دوم  
آماري برای حذف کروم توسط

Syzygium Cumini

| راندمان حذف کروم (%)     |       | pH | زمان<br>(min) | غلظت<br>اولیه کروم<br>(mg/L) | دوز<br>پروسوی<br>س<br>سینراریا<br>gr/100<br>(mL) | شماره<br>آزمایش<br>(تصادفی) | شماره<br>آزمایش |
|--------------------------|-------|----|---------------|------------------------------|--|-----------------------------|-----------------|
| پیش بینی شده<br>توسط مدل | واقعی |    |               |                              |  |                             |                 |
| ۶۶/۶۰                    | ۶۶/۵۵ | ۲  | ۶۰            | ۲۰                           | ۱۲   | ۹                           | ۱               |
| ۸۷/۰۸                    | ۸۵/۴۵ | ۲  | ۶۰            | ۲۰                           | ۳۰   | ۲۰                          | ۲               |
| ۸۳/۰۷                    | ۸۳/۴۸ | ۲  | ۱۲۰           | ۲۰                           | ۱۲   | ۳۰                          | ۳               |
| ۹۲/۴۲                    | ۹۰/۷۶ | ۲  | ۱۲۰           | ۲۰                           | ۳۰   | ۱                           | ۴               |
| ۸۸/۳۷                    | ۸۹/۷۸ | ۲  | ۶۰            | ۴۰                           | ۱۲   | ۲۹                          | ۵               |
| ۷۹/۹۲                    | ۸۷/۶۵ | ۲  | ۶۰            | ۴۰                           | ۳۰   | ۶                           | ۶               |
| ۸۷/۷۲                    | ۸۸/۴۵ | ۲  | ۱۲۰           | ۴۰                           | ۱۲   | ۱۰                          | ۷               |
| ۸۱/۰۱                    | ۸۳/۳۵ | ۲  | ۱۲۰           | ۴۰                           | ۳۰   | ۲۸                          | ۸               |
| ۳۵/۴۲                    | ۳۰/۹۴ | ۳  | ۶۰            | ۲۰                           | ۱۲   | ۸                           | ۹               |
| ۶۹/۵۴                    | ۷۰/۶۵ | ۳  | ۶۰            | ۲۰                           | ۳۰   | ۷                           | ۱۰              |
| ۷۱/۳۵                    | ۷۸/۳۴ | ۳  | ۱۲۰           | ۲۰                           | ۱۲   | ۴                           | ۱۱              |
| ۹۴/۳۳                    | ۹۰/۷۸ | ۳  | ۱۲۰           | ۲۰                           | ۳۰   | ۱۸                          | ۱۲              |
| ۷۰/۱۶                    | ۷۳/۶۷ | ۳  | ۶۰            | ۴۰                           | ۱۲   | ۱۱                          | ۱۳              |
| ۸۸/۲۰                    | ۸۵/۶۵ | ۳  | ۶۰            | ۴۰                           | ۳۰   | ۱۶                          | ۱۴              |
| ۸۸/۹۶                    | ۸۸/۴۵ | ۳  | ۱۲۰           | ۴۰                           | ۱۲   | ۲۴                          | ۱۵              |



## یافته ها

ادامه جدول ماتریس طرح مرکب  
مرکزی با چهار متغیر مستقل و نتایج  
واقعی و پیش بینی شده توسط مدل  
درجه دوم آماری برای حذف کروم  
توسط Syzygium Cumini

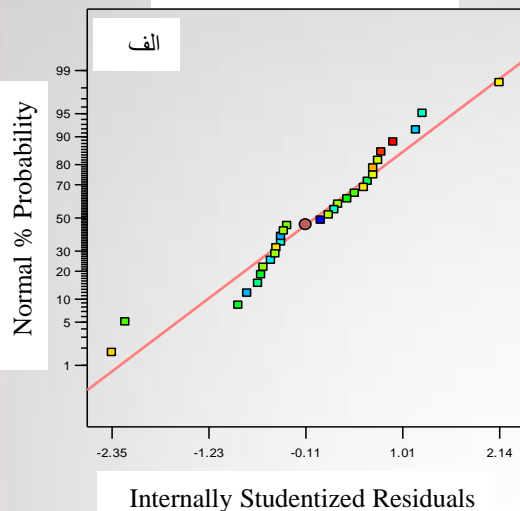
| راندمان حذف کروم (%)     |       | pH  | زمان<br>(min) | غلظت<br>اولیه کروم<br>(mg/L) | دوز<br>پروسویپس<br>سینراریا<br>gr/100m<br>(L) | شماره<br>آزمایش<br>(تصادفی) | شماره<br>آزمایش |
|--------------------------|-------|-----|---------------|------------------------------|---|-----------------------------|-----------------|
| پیش بینی شده<br>توسط مدل | واقعی |     |               |                              |   |                             |                 |
| ۹۵/۸۸                    | ۹۷/۷۷ | ۳   | ۱۲۰           | ۴۰                           | ۳۰  | ۲۵                          | ۱۶              |
| ۶۴/۷۱                    | ۶۰/۵۵ | ۲/۵ | ۹۰            | ۳۰                           | ۳   | ۱۳                          | ۱۷              |
| ۹۲/۱۱                    | ۹۶/۵۶ | ۲/۵ | ۹۰            | ۳۰                           | ۳۹  | ۲۱                          | ۱۸              |
| ۷۱/۷۷                    | ۷۵/۵۳ | ۲/۵ | ۳۰            | ۳۰                           | ۲۱  | ۲۶                          | ۱۹              |
| ۹۵/۹۱                    | ۹۲/۴۴ | ۲/۵ | ۱۵۰           | ۳۰                           | ۲۱  | ۲                           | ۲۰              |
| ۶۸/۱۵                    | ۶۹/۴۳ | ۲/۵ | ۹۰            | ۱۰                           | ۲۱  | ۵                           | ۲۱              |
| ۹۱/۴۷                    | ۹۰/۴۸ | ۲/۵ | ۹۰            | ۵۰                           | ۲۱  | ۱۹                          | ۲۲              |
| ۸۹/۳۳                    | ۹۰/۹۸ | ۱/۵ | ۹۰            | ۳۰                           | ۲۱  | ۲۳                          | ۲۳              |
| ۷۳/۰۲                    | ۷۱/۶۷ | ۳/۵ | ۹۰            | ۳۰                           | ۲۱  | ۱۲                          | ۲۴              |
| ۹۱/۵۸                    | ۹۵/۴۳ | ۲/۵ | ۹۰            | ۳۰                           | ۲۱  | ۱۵                          | ۲۵              |
| ۹۱/۵۸                    | ۹۴/۸۸ | ۲/۵ | ۹۰            | ۳۰                           | ۲۱  | ۲۷                          | ۲۶              |
| ۹۱/۵۸                    | ۹۴/۵۴ | ۲/۵ | ۹۰            | ۳۰                           | ۲۱  | ۳                           | ۲۷              |
| ۹۱/۵۸                    | ۹۱/۵۵ | ۲/۵ | ۹۰            | ۳۰                           | ۲۱  | ۱۴                          | ۲۸              |
| ۹۱/۵۸                    | ۸۵/۷۸ | ۲/۵ | ۹۰            | ۳۰                           | ۲۱  | ۱۷                          | ۲۹              |
| ۹۱/۵۸                    | ۸۷/۳۲ | ۲/۵ | ۹۰            | ۳۰                           | ۲۱  | ۲۲                          | ۳۰              |



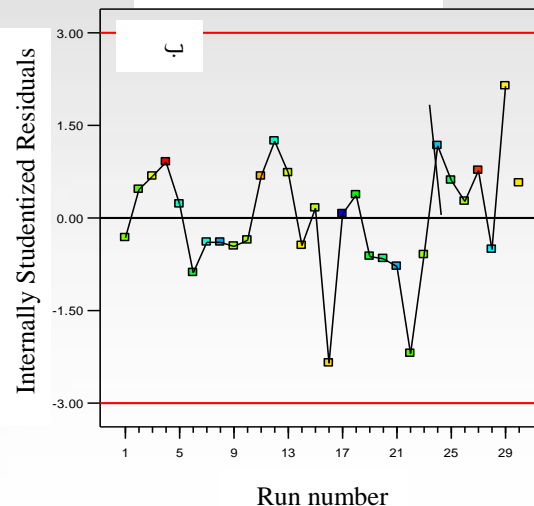
## یافته ها

نمودار توزیع احتمال نرمال بودن  
باقیمانده ها و تصادفی بودن  
آزمایش ها در حذف کروم توسط  
*Prosopis Cineraria*

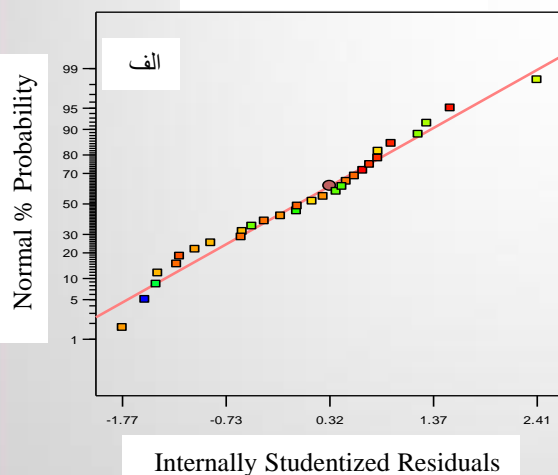
Normal plot of residuals



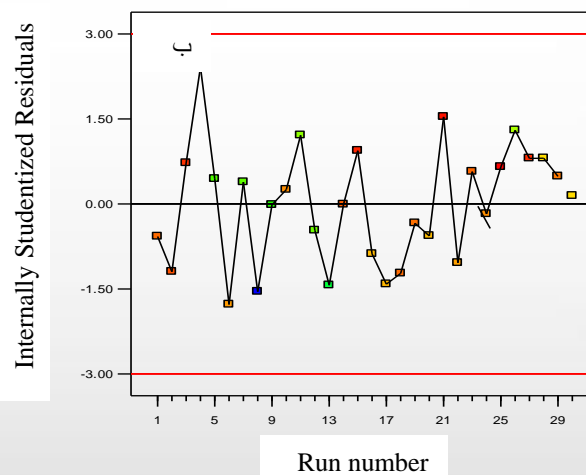
Residuals vs Runs



Normal plot of residuals



Residuals vs Runs



نمودار توزیع احتمال نرمال بودن  
باقیمانده ها و تصادفی بودن  
آزمایش ها در حذف کروم توسط  
*Syzygium Cumini*



مقدمه

مروری بر منابع

مواد و روش ها

نتایج

بحث و نتیجه  
گیری

پیشنهادهات

## یافته ها

نتایج آنالیز واریانس حذف کروم  
توسط Prosopis Cineraria

| منبع تغییرات               | مجموع مربعات | درجه آزادی          | میانگین مربعات     | F-Value        | P-Value  |
|----------------------------|--------------|---------------------|--------------------|----------------|----------|
| مدل                        | ۵۹۲۳/۲۴      | ۱۴                  | ۰۹/۴۲۳             | ۵۴/۷۳          | < ۰/۰۰۰۱ |
| A- Prosopis cineraria dose | ۸۶۱/۰۰       | ۱                   | ۸۶۱/۰۰             | ۱۱۱/۳۹         | < ۰/۰۰۰۱ |
| B- Ci                      | ۹۲۳/۱۸       | ۱                   | ۹۲۳/۱۸             | ۱۱۹/۴۳         | < ۰/۰۰۰۱ |
| C-Time                     | ۷۸۵/۱۳       | ۱                   | ۷۸۵/۱۳             | ۱۰۱/۵۷         | < ۰/۰۰۰۱ |
| D-pH                       | ۱۷۶۰/۴۵      | ۱                   | ۱۷۶۰/۴۵            | ۲۲۷/۷۵         | < ۰/۰۰۰۱ |
| AB                         | ۲۶۷/۹۰       | ۱                   | ۲۶۷/۹۰             | ۳۴/۶۶          | < ۰/۰۰۰۱ |
| AC                         | ۱۰۴/۸۱       | ۱                   | ۱۰۴/۸۱             | ۱۳/۵۶          | < ۰/۰۰۲۲ |
| AD                         | ۱۵/۵۴        | ۱                   | ۱۵/۵۴              | ۲/۰۲           | ۰/۱۷۶۶   |
| BC                         | ۴۲۷/۹۷       | ۱                   | ۴۲۷/۹۷             | ۵۵/۳۷          | < ۰/۰۰۰۱ |
| BD                         | ۴۴/۹۲        | ۱                   | ۴۴/۹۲              | ۵/۸۱           | ۰/۰۲۹۲   |
| CD                         | ۱۶۸/۹۴       | ۱                   | ۱۶۸/۹۴             | ۲۱/۸۶          | ۰/۰۰۰۴   |
| A2                         | ۲۵۶/۲۵       | ۱                   | ۲۵۶/۲۵             | ۳۳/۴۱          | < ۰/۰۰۰۱ |
| B2                         | ۳۶۸/۶۲       | ۱                   | ۳۶۸/۶۲             | ۴۷/۶۹          | < ۰/۰۰۰۱ |
| C2                         | ۳۵/۷۰        | ۱                   | ۳۵/۷۰              | ۴/۶۲           | ۰/۰۴۸۴   |
| D2                         | ۶۰/۹۷        | ۱                   | ۶۰/۹۷              | ۷/۸۹           | ۰/۰۱۳۲   |
| Residual                   | ۱۱۵/۹۵       | ۱۵                  | ۷۳/۷               |                |          |
| Lack of Fit                | ۴۹/۶۴        | ۱۰                  | ۹۶/۴               | ۰/۳۷           | ۰/۹۱۲۷   |
| Pure Error                 | ۶۶/۳۱        | ۵                   | ۲۶/۱۳              |                |          |
| Cor Total                  | ۶۰۳۹/۱۹      | ۲۹                  |                    |                |          |
| سایر پارامترهای آماری      |              |                     |                    |                |          |
| PRESS                      | AP           | Pred.R <sup>2</sup> | Adj.R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> | C.V      |
| ۳۸۱/۳۹                     | ۲۸/۳۴        | ۰/۹۴                | ۰/۹۶               | ۰/۹۸           | ۴/۴۷     |
|                            |              |                     |                    | Mean           | SD       |
|                            |              |                     |                    | ۶۲/۲۲          | ۲/۷۸     |



مقدمه

مروری بر منابع

مواد و روش ها

نتایج

بحث و نتیجه  
گیری

پیشنهادهات

## یافته ها

نتایج آنالیز واریانس حذف کروم  
توسط Syzygium Cumini

| منبع تغییرات            | مجموع مربعات | درجه آزادی          | میانگین مربعات     | F-Value        | P-Value  |
|-------------------------|--------------|---------------------|--------------------|----------------|----------|
| مدل                     | ۵۲۱۲/۳۰      | ۱۴                  | ۳۷۲/۳۱             | ۱۸/۴۷          | < ۰/۰۰۰۱ |
| A- Syzygium Cumini dose | ۱۱۲۶/۴۱      | ۱                   | ۱۱۲۶/۴۱            | ۵۵/۸۹          | < ۰/۰۰۰۱ |
| B- Time                 | ۸۷۴/۳۵       | ۱                   | ۸۷۴/۳۵             | ۴۳/۳۸          | < ۰/۰۰۰۱ |
| C-Ci                    | ۸۱۵/۷۳       | ۱                   | ۸۱۵/۷۳             | ۴۰/۴۸          | < ۰/۰۰۰۱ |
| D-pH                    | ۳۹۸/۸۶       | ۱                   | ۳۹۸/۸۶             | ۱۹/۷۹          | ۰/۰۰۰۵   |
| AB                      | ۱۲۳/۸۸       | ۱                   | ۱۲۳/۸۸             | ۶/۱۵           | ۰/۰۲۵۰   |
| AC                      | ۲۵۸/۰۸       | ۱                   | ۲۵۸/۰۸             | ۱۲/۸۱          | ۰/۰۰۲۷   |
| AD                      | ۱۸۵/۶۴       | ۱                   | ۱۸۵/۶۴             | ۹/۲۱           | ۰/۰۰۸۴   |
| BC                      | ۲۹۳/۲۷       | ۱                   | ۲۹۳/۲۷             | ۱۴/۵۵          | ۰/۰۰۱۷   |
| BD                      | ۳۷۸/۵۰       | ۱                   | ۳۷۸/۵۰             | ۱۸/۷۸          | ۰/۰۰۰۶   |
| CD                      | ۱۶۷/۹۶       | ۱                   | ۱۶۷/۹۶             | ۸/۳۳           | ۰/۰۱۱۳   |
| A2                      | ۲۹۷/۶۴       | ۱                   | ۲۹۷/۶۴             | ۱۴/۷۷          | ۰/۰۱۶    |
| B2                      | ۱۰۲/۸۸       | ۱                   | ۱۰۲/۸۸             | ۵/۱۰           | ۰/۰۳۹۲   |
| C2                      | ۲۳۷/۷۵       | ۱                   | ۲۳۷/۷۵             | ۱۱/۸۰          | ۰/۰۰۳۷   |
| D2                      | ۱۸۵/۶۵       | ۱                   | ۱۸۵/۶۵             | ۹/۲۱           | ۰/۰۰۸۴   |
| Residual                | ۳۰۲/۳۱       | ۱۵                  | ۱۵/۲۰              |                |          |
| Lack of Fit             | ۲۱۶/۰۴       | ۱۰                  | ۶۰/۲۱              | ۱/۲۵           | ۰/۴۲۴۹   |
| Pure Error              | ۸۶/۲۶        | ۵                   | ۲۵/۱۷              |                |          |
| Cor Total               | ۵۵۱۴/۶۰      | ۲۹                  |                    |                |          |
| سایر پارامترهای آماری   |              |                     |                    |                |          |
| PRESS                   | AP           | Pred.R <sup>2</sup> | Adj.R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> | C.V      |
| ۱۳۸۶/۶۲                 | ۱۹/۰۵        | ۰/۷۵                | ۰/۸۹               | ۰/۹۵           | ۵/۴۱     |
|                         |              |                     |                    | Mean           | SD       |
|                         |              |                     |                    | ۸۲/۹۶          | ۴/۴۹     |





## یافته ها

## معادله های اصلاح شده رگرسیونی حاصل از برازش مدل

معادله رگرسیونی حاصل از برازش مدل را برای راندمان حذف کروم توسط *Prosopis Cineraria*:

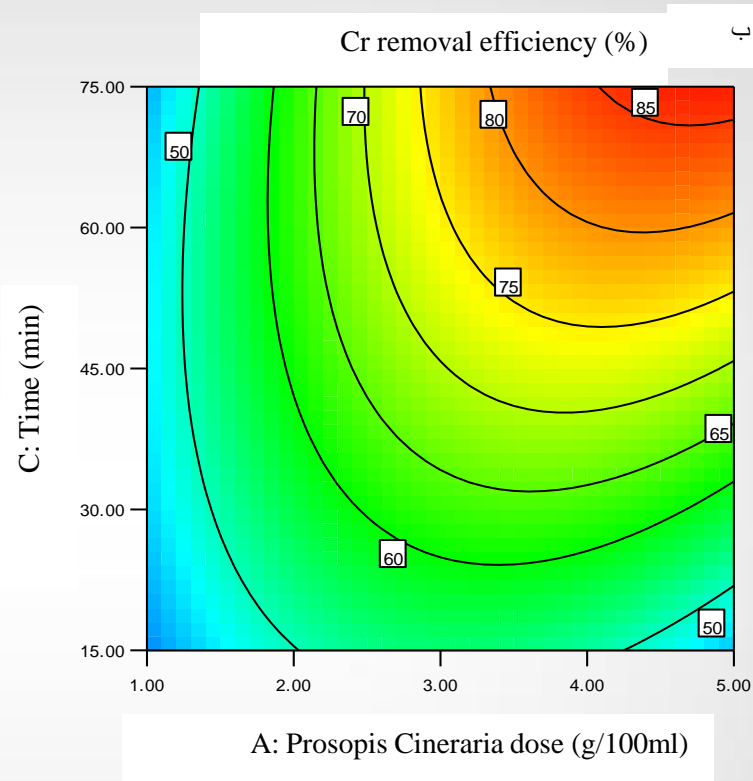
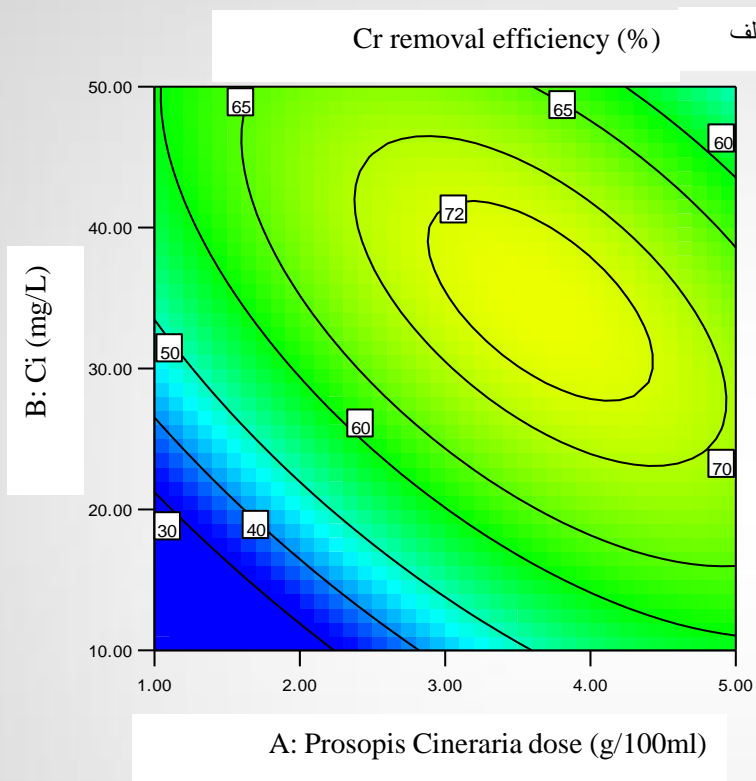
$$\text{Cr removal efficiency (\%)} = 69.71 + 5.99A + 6.20B + 5.72C - 8.56D - 4.09AB + 2.56AC - 5.17BC - 1.68BD - 3.25CD - 3.07A^2 - 3.67B^2 - 1.14C^2 - 1.47D^2$$

معادله رگرسیونی حاصل از برازش مدل را برای راندمان حذف کروم توسط *Syzygium Cumini*:

$$\text{Cr removal efficiency (\%)} = 91.58 + 6.85A + 6.04B + 5.83C - 4.08D - 2.78AB - 4.02AC + 3.41AD - 4.28BC + 4.86BD + 3.24CD - 3.29A^2 - 1.94B^2 - 2.94C^2 - 2.60D^2$$



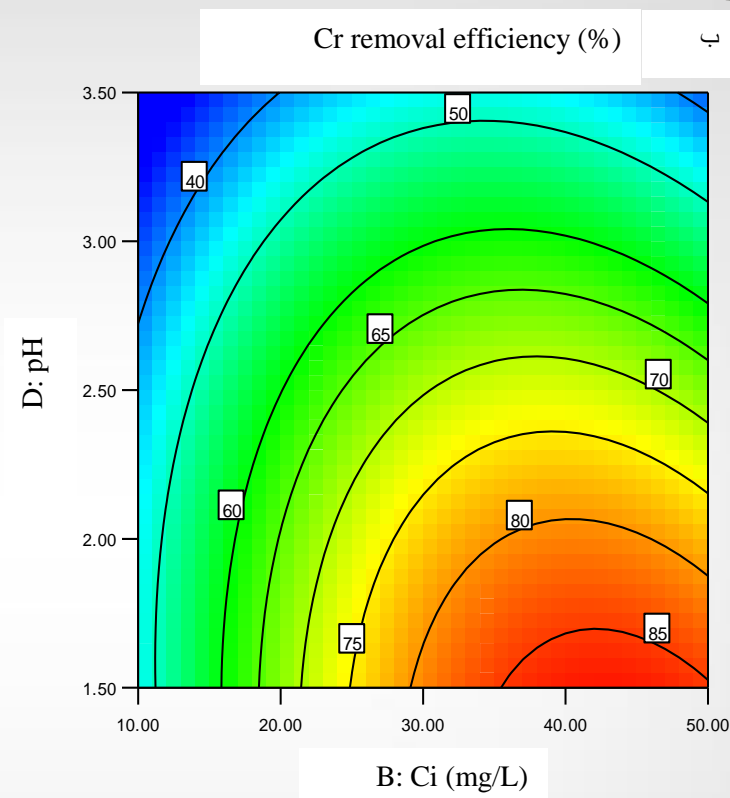
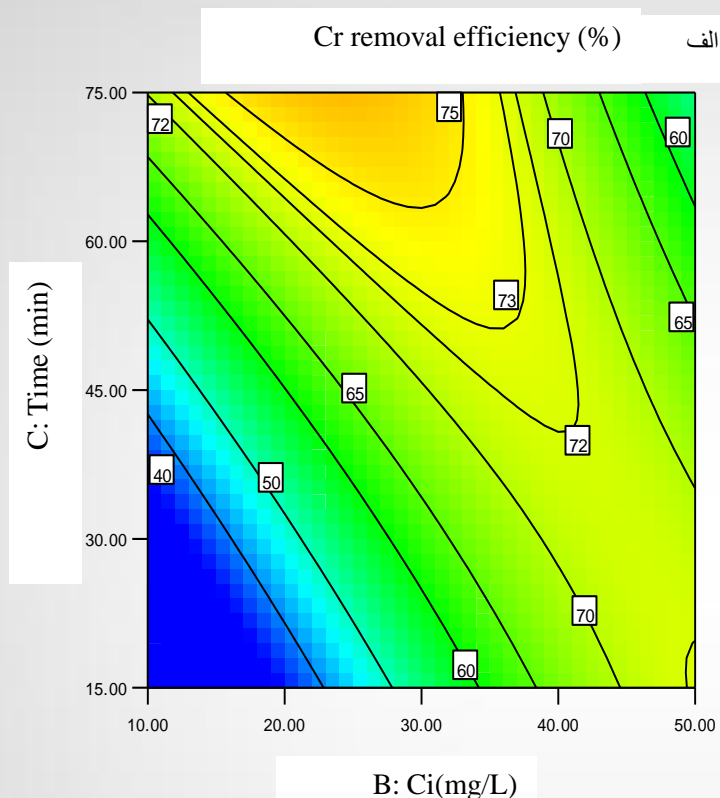
## یافته ها



نمودار سطح پاسخ دو بعدی برای راندمان حذف کروم از محلول آبی توسط *Prosopis Cineraria*،  
الف) متغیر غلظت اولیه کروم در مقابل دوز جاذب *Prosopis Cineraria* ب) متغیر زمان واکنش در مقابل دوز جاذب  
*Prosopis Cineraria*

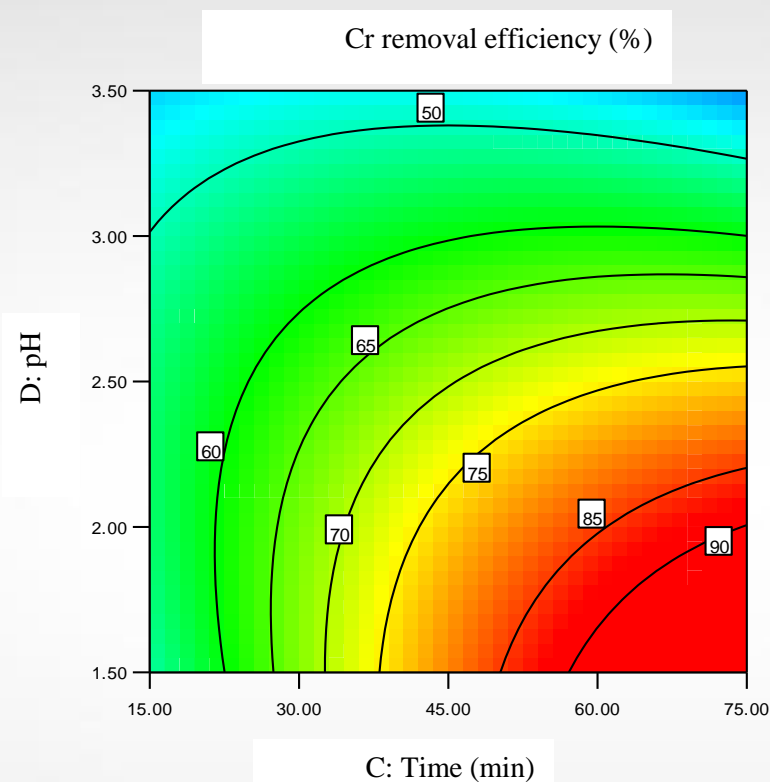


## یافته ها



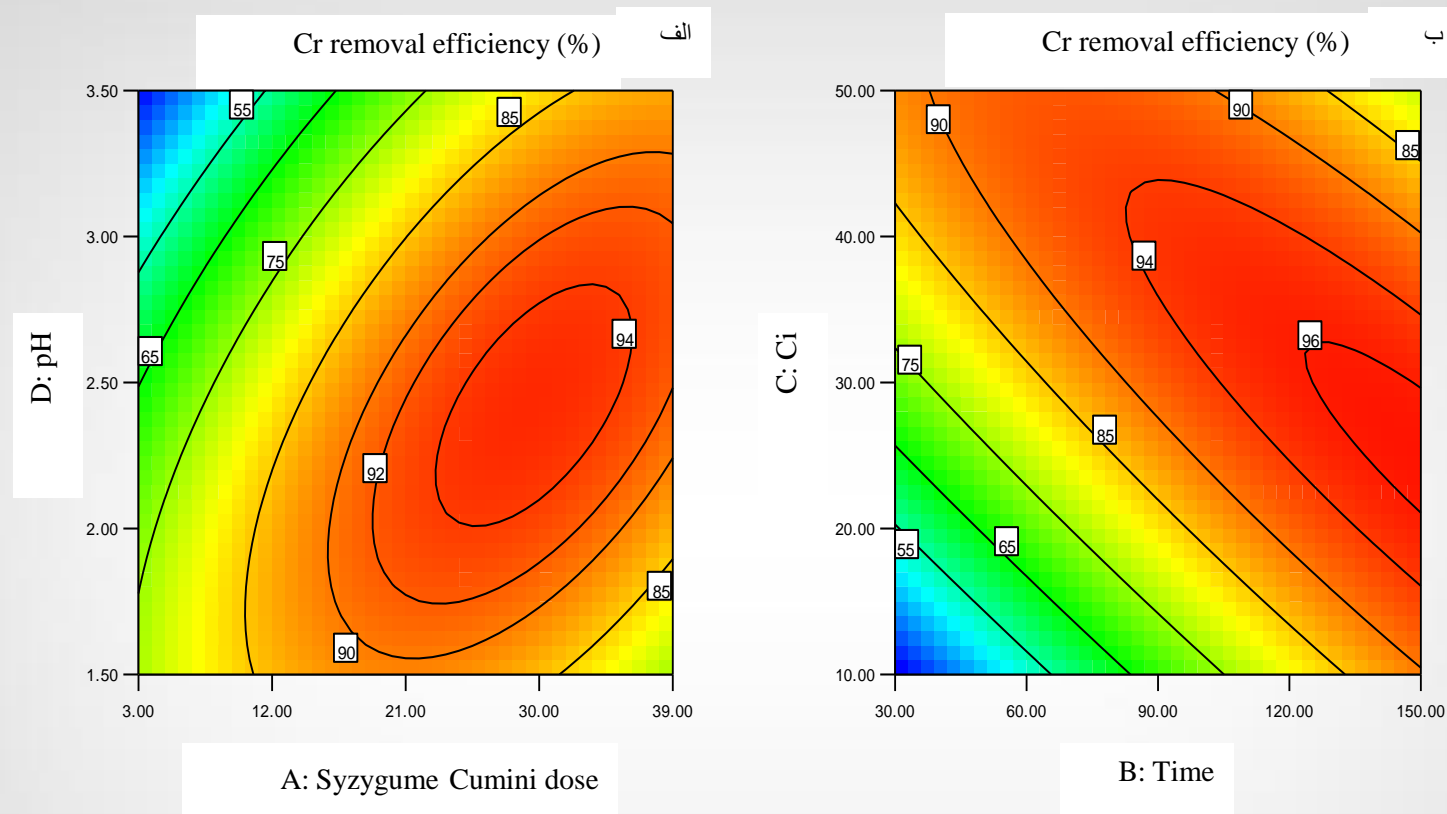
نمودار سطح پاسخ دو بعدی برای راندمان حذف کروم از محلول آبی توسط *Prosopis Cineraria*، الف) متغیر غلظت اولیه کروم در مقابل زمان آزمایش ب) متغیر غلظت اولیه کروم در مقابل pH

## یافته ها



نمودار سطح پاسخ دو بعدی برای راندمان حذف کروم از محلول آبی توسط *Prosopis Cineraria*، (متغیر pH در مقابل زمان آزمایش)

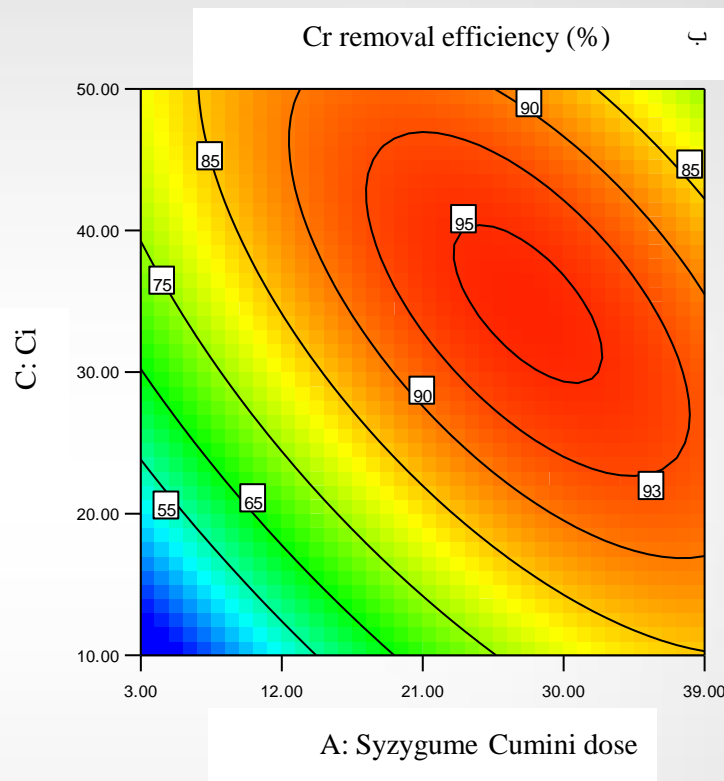
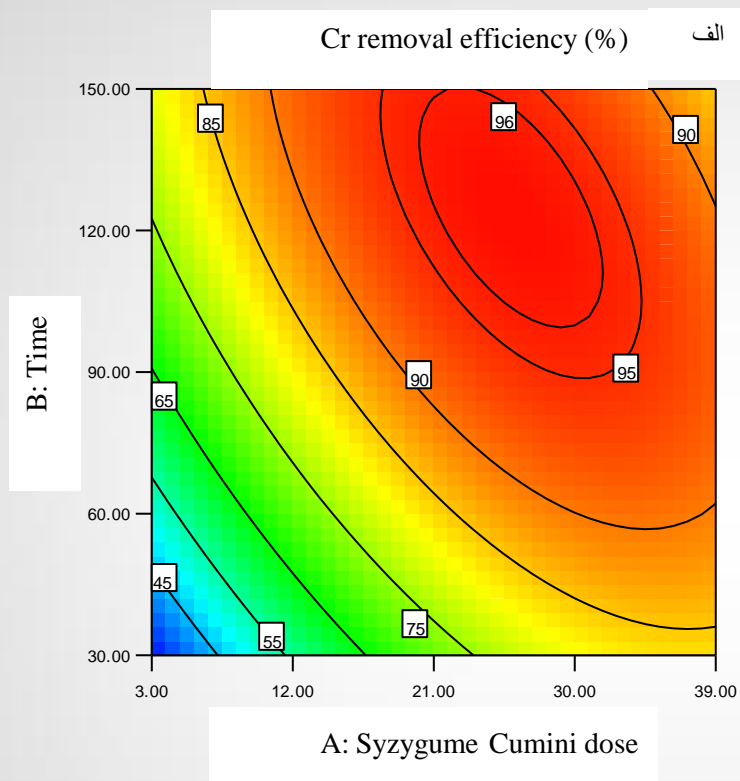
## یافته ها



نمودار سطح پاسخ دو بعدی برای راندمان حذف کروم از محلول آبی توسط *Syzygium Cumini*،  
الف) متغیر دوز *Syzygium Cumini* در مقابل pH ب) متغیر غلظت اولیه کروم در مقابل زمان آزمایش



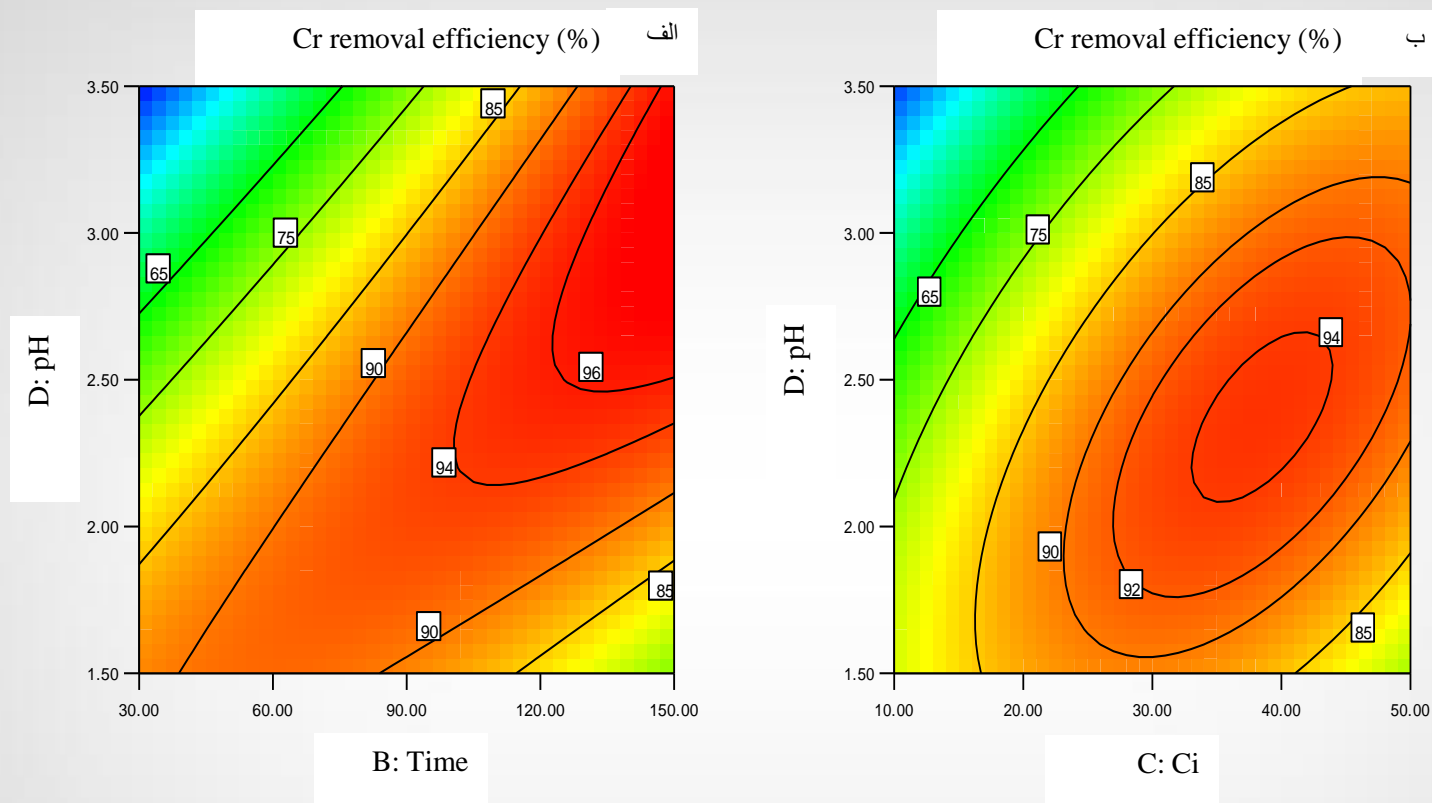
## یافته ها



نمودار سطح پاسخ دو بعدی برای راندمان حذف کروم از محلول آبی توسط *Syzygium Cumini*،  
الف) متغیر دوز *Syzygium Cumini* در مقابل زمان واکنش ب) متغیر دوز *Syzygium Cumini* در مقابل غلظت اولیه  
کروم



## یافته ها



نمودار سطح پاسخ دو بعدی برای راندمان حذف کروم از محلول آبی توسط *Syzygium Cumini*،  
الف) متغیر pH در مقابل زمان واکنش ب) متغیر pH در مقابل غلظت اولیه کروم



مقدمه

مروری بر منابع

مواد و روش ها

نتایج

بحث و نتیجه  
گیری

پیشنهادهات

## یافته ها

## نتایج مربوط به بهینه سازی عددی

## بهینه سازی عددی حذف کروم توسط Prosopis Cineraria

| شرایط بهینه                             | حذف کروم (%)<br>پیش بینی شده<br>واقعی | خطای استاندارد | انحراف معیار | مطلوبیت (%) |
|---|---------------------------------------|----------------|--------------|-------------|
| دوز پروسوپیس سینراریا (gr/100mL) = ۳/۹۸ | ۸۹/۶۵                                 | ۸۸/۴۷          | ۱/۱۸         | ± ۱/۰۵      |
| غلظت اولیه کروم (mg/L) = ۲۵/۴۱          |                                       |                |              | ۱۰۰         |
| زمان (min) = ۵۹/۸۲ دقیقه                |                                       |                |              |             |
| pH = ۲/۰۲                               |                                       |                |              |             |

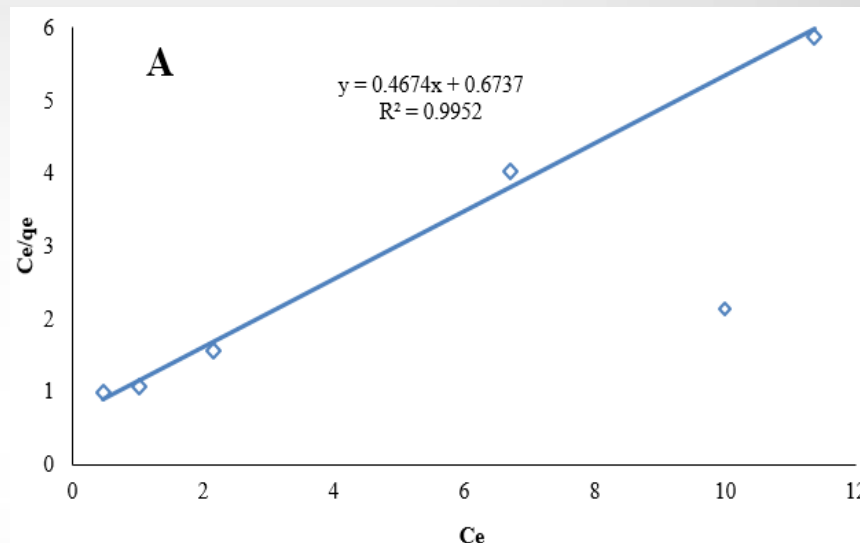
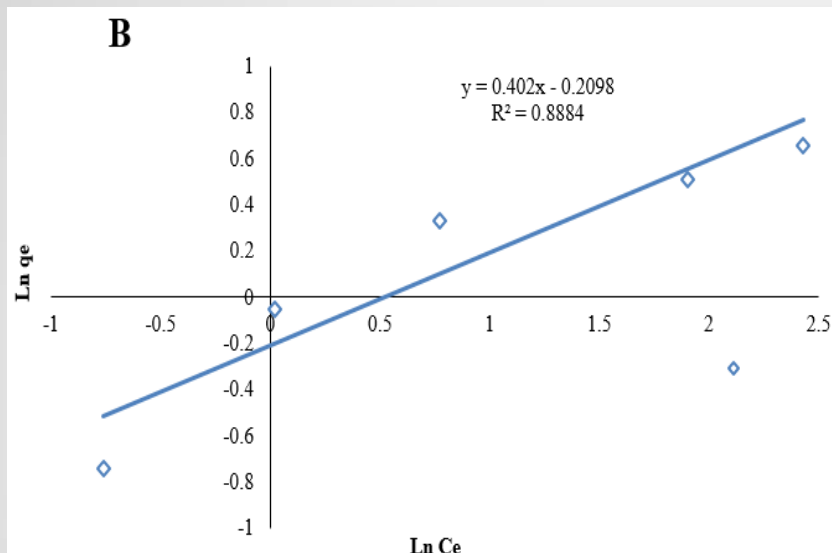
## بهینه سازی عددی حذف کروم توسط Syzygium Cumini

| شرایط بهینه                            | حذف کروم (%)<br>پیش بینی شده<br>واقعی | خطای استاندارد | انحراف معیار | مطلوبیت (%) |
|--|---------------------------------------|----------------|--------------|-------------|
| دوز سیزیگیوم کومینی (gr/100mL) = ۲۹/۱۳ | ۹۹/۶۵                                 | ۹۷/۹۰          | ۱/۷۵         | ± ۱/۳۴      |
| غلظت اولیه کروم (mg/L) = ۳۲/۶۹         |                                       |                |              | ۱۰۰         |
| زمان (min) = ۱۱۸/۵۸ دقیقه              |                                       |                |              |             |
| pH = ۲/۹۷                              |                                       |                |              |             |





## یافته ها

بررسی ایزوترم بیوجذب فلز کروم بر روی جاذب *Syzygium cumini*

منحنی ایزوترم فروندلیچ

qe: غلظت جذب سطحی در فاز جامد (میلی گرم بر گرم جاذب)  
در حالت تعادل

ce: غلظت جذب شونده در حالت تعادل

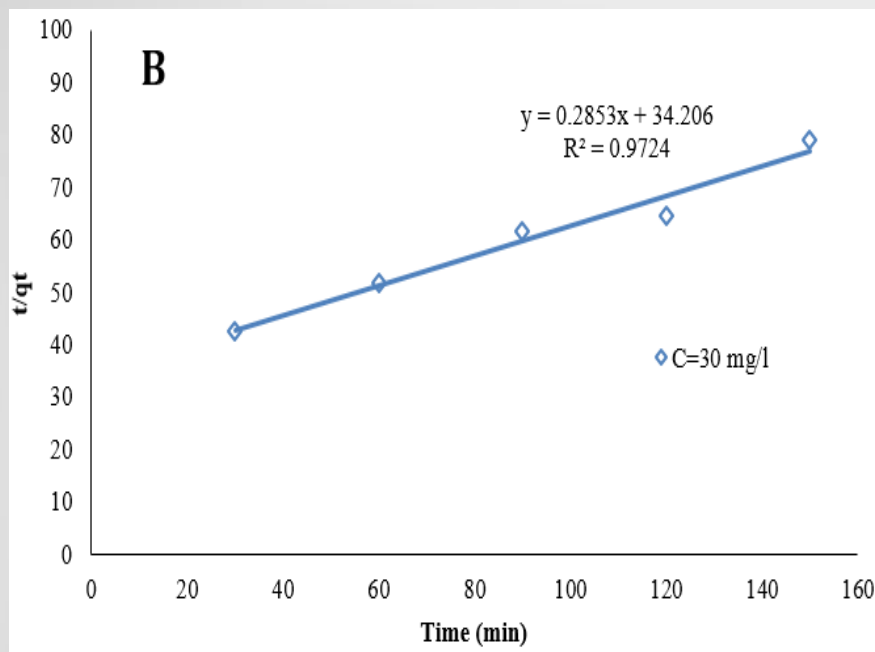
منحنی ایزوترم لانگمویر

qe: غلظت جذب سطحی در فاز جامد (میلی گرم بر گرم جاذب)  
در حالت تعادل

ce: غلظت جذب شونده در حالت تعادل



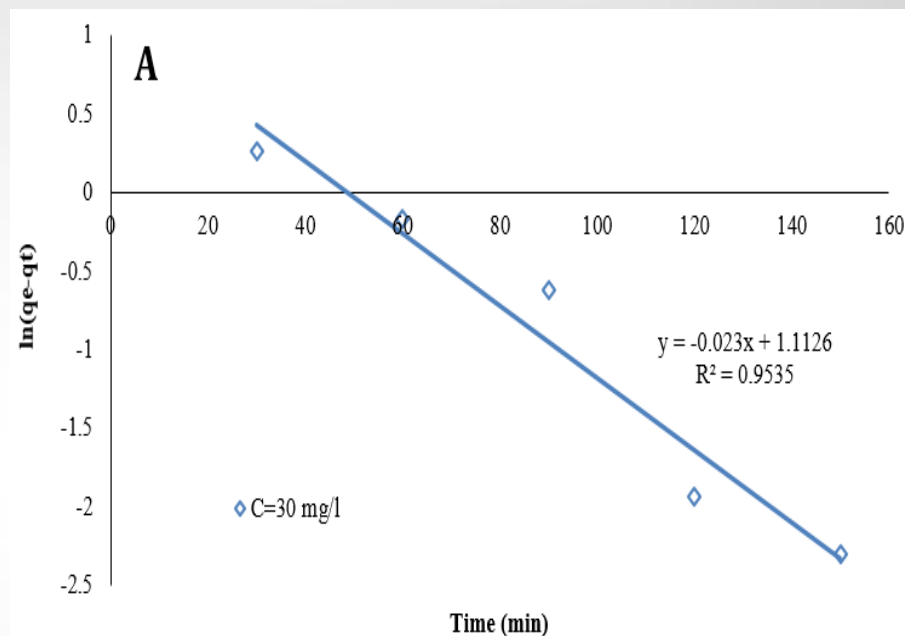
## یافته ها

بررسی سینتیک بیوجذب فلز کروم بر روی جاذب *Syzygium cumini*

منحنی سینتیک درجه دوم

$q_e$ : غلظت جذب سطحی در فاز جامد (میلی گرم بر گرم جاذب)  
در حالت تعادل

$c_e$ : غلظت جذب شونده در حالت تعادل



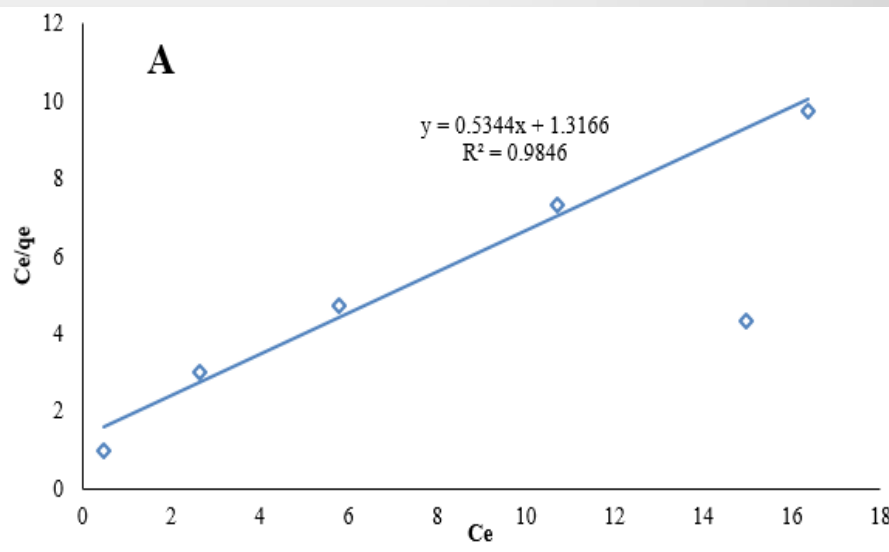
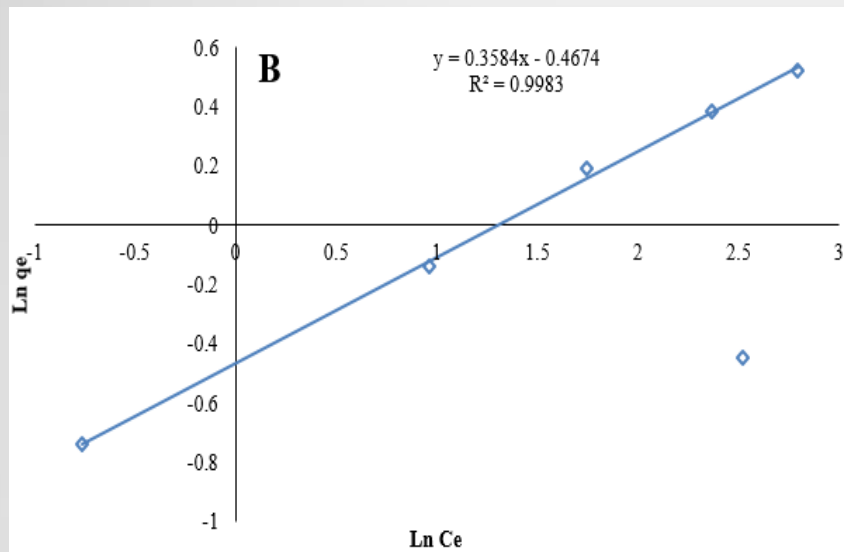
منحنی سینتیک درجه اول

$q_e$ : غلظت جذب سطحی در فاز جامد (میلی گرم بر گرم جاذب)  
در حالت تعادل

$c_e$ : غلظت جذب شونده در حالت تعادل



## یافته ها

بررسی ایزوترم بیوجذب فلز کروم بر روی جاذب *Prosopis Cineraria*

منحنی ایزوترم فروندلیچ

$q_e$ : غلظت جذب سطحی در فاز جامد (میلی گرم بر گرم جاذب)  
در حالت تعادل

$C_e$ : غلظت جذب شونده در در حالت تعادل

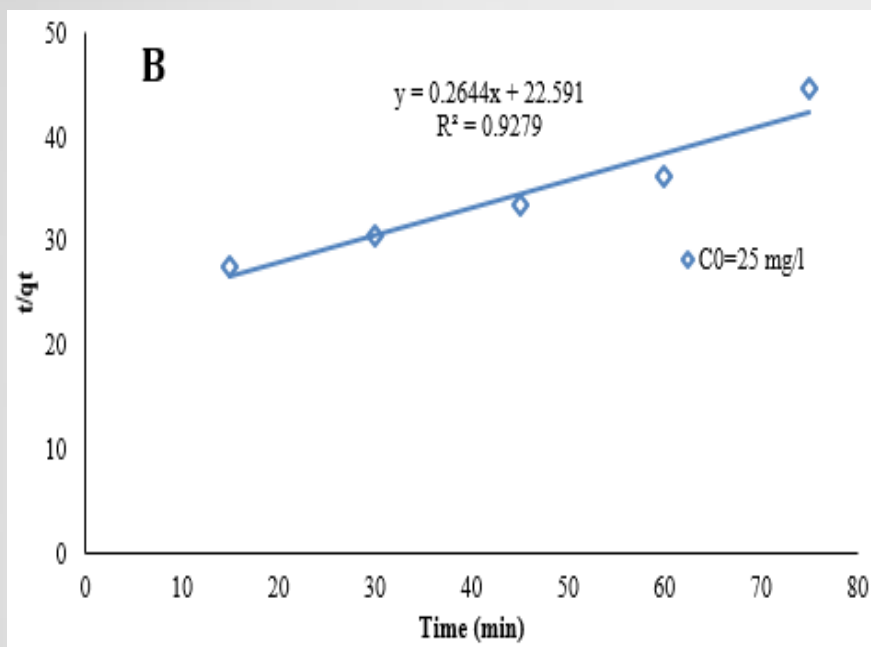
منحنی ایزوترم لانگمویر

$q_e$ : غلظت جذب سطحی در فاز جامد (میلی گرم بر گرم جاذب)  
در حالت تعادل

$C_e$ : غلظت جذب شونده در در حالت تعادل



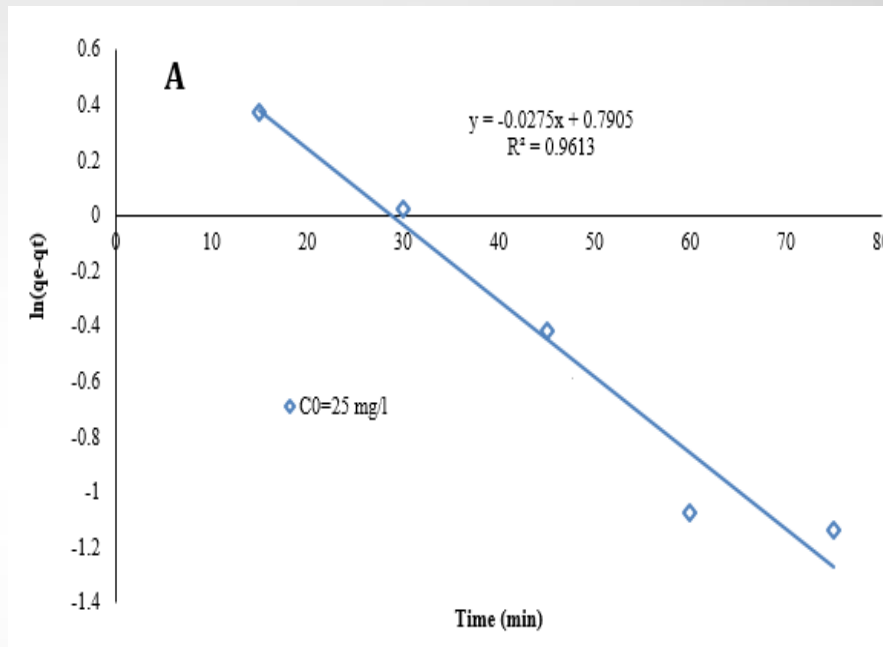
## یافته ها

بررسی سینتیک بیوجذب فلز کروم بر روی جاذب *Prosopis Cineraria*

منحنی سینتیک درجه دوم

$q_e$ : غلظت جذب سطحی در فاز جامد (میلی گرم بر گرم جاذب)  
در حالت تعادل

$c_e$ : غلظت جذب شونده در در حالت تعادل



منحنی سینتیک درجه اول

$q_e$ : غلظت جذب سطحی در فاز جامد (میلی گرم بر گرم جاذب)  
در حالت تعادل

$c_e$ : غلظت جذب شونده در در حالت تعادل



## بحث

### ✓ آنالیز آماری

✓ ماتریس طراحی آزمایش ها به روش طرح مرکب مرکزی:

مقادیر حداکثر و حداقل حذف کروم نشان داد که جاذب Syzygium Cumini نسبت به Prosopis Cineraria در حذف کروم به طور موثرتری عمل کرد.

✓ نتایج آنالیز واریانس مدل مرتبه دوم و اثرات خطی، درجه دوم و اثرات متقابل متغیرها: مدل درجه دوم برای داده های به دست آمده از آزمایش ها برای هر دو جاذب **معنی دار** بود. مقدار P برای اکثر واژه های مدل درجه دوم کمتر از ۰/۰۰۰۱ به دست آمد. این به معنی این است که اثرات خطی، متقابل و درجه دوم متغیرهای مستقل مطالعه در حذف فلز کروم از محلول آبی توسط جاذب های Prosopis Cineraria و Syzygium Cumini قابل توجه بود.



## بحث

## ✓ اثرات متقابل متغیرها بر میزان حذف فلز کروم توسط Prosopis Cineraria از محلول آبی

| منبع | دلایل  | همخوانی با مطالعه حاضر | نتایج مطالعه دیگران   | نتایج مطالعه حاضر  |
|------|--|------------------------|---|--|
| ۵۵   | -  | x                      | با افزایش دوز جاذب میزان حذف کروم کاهش یافت.  | هر چه مقادیر کروم اولیه و دوز جاذب کمتر بود راندمان حذف کروم نیز کاهش یافت (و بالعکس). |
| ۳۸   | افزایش سطح تماس فلز و جاذب و در نتیجه حذف بیشتر فلز  | ✓                      | حذف کادمیوم توسط Prosopis Cineraria با افزایش دوز جاذب میزان حذف کادمیوم افزایش یافت.                                     |  |
| ۷۴   | افزایش سطح فعال جاذب و جذب بیشتر فلز   | ✓                      | با افزایش دوز جاذب، میزان حذف سرب نیز افزایش یافت.  |  |
| ۵۴   | -  | ✓                      | افزایش میزان راندمان حذف کروم در pH پایین و به خصوص در pH برابر ۲   | بالاترین راندمان حذف در pH پایین و غلظت بالای کروم                                     |
| ۵    | با کاهش pH میزان یون های هیدروژن سطح جاذب افزایش یافت که موجب افزایش نیروی جاذبه الکترواستاتیک بین سطح جاذب و یون های کرومات شد. | ✓                      | با افزایش زمان آزمایش و کاهش میزان pH محلول راندمان حذف کروم توسط جاذب Prosopis Cineraria به میزان قابل توجهی افزایش یافت | بالاترین راندمان حذف در pH پایین و زمان های بالا                                       |



## بحث

✓ تفسیر نتایج حاصل از اثرات متقابل متغیرها بر میزان حذف فلز کروم توسط *Syzygium Cumini* از محلول آبی

| منبع | دلایل  | همخوانی با مطالعه حاضر | نتایج مطالعه دیگران   | نتایج مطالعه حاضر  |
|------|--|------------------------|---|--|
| ۶۴   | افزایش سطح تماس جاذب و فلز                       | ✓                      | افزایش دوز جاذب و در نتیجه افزایش حذف کروم  | بالاترین راندمان با افزایش دوز جاذب در pH پایین                    |
|      | در pH بالا کروم به صورت هیدروکسید کروم رسوب کرد. | x                      | با کاهش میزان pH حذف کروم کاهش یافت.  |  |
| ۷۵   | -  | x                      | در pH حدود 1 الی 2 بالاترین میزان حذف کروم یعنی نزدیک به 100 درصد اتفاق افتاد.  | بالاترین راندمان (۹۶ درصد) با افزایش زمان واکنش و افزایش تدریجی pH |
| ۷۶   | -  | x                      | حداکثر میزان حذف سرب و کادمیوم توسط جاذب <i>Syzygium Cumini</i> در شرایط بهینه در pH به ترتیب برابر ۶ و ۷ به دست آمد. | راندمان ۹۴ درصدی حذف کروم در pH پایین                              |



## بحث

✓ بررسی ایزوترم و سینتیک بیوجذب فلز کروم بر روی *Syzygium cumini*

| منبع | دلایل   | همخوانی با مطالعه حاضر | نتایج مطالعه دیگران   | نتایج مطالعه حاضر   |
|------|---|------------------------|---|---|
| ۷۷   | -   | ✓                      | تبعیت جذب کروم شش ظرفیتی بر روی جلبک های برکه تثبیت فاضلاب از ایزوترم لانگمویر          | جذب فلز کروم بر روی جاذب <i>Syzygium</i> از ایزوترم لانگمویر تبعیت می کند |
| ۷۸   | مقدار $R^2$ برای ایزوترم لانگمویر برابر با ۰/۹۹۳+                           | ✓                      | پیروی جذب کروم از محلول آبی توسط جلبک <i>kondagogu</i> از مدل لانگمویر                  |   |
| ۵۴   | میزان $R^2$ برای ایزوترم فروندلیچ برابر شد با ۰/۹۸۶+                        | x                      | تطابق جذب زیستی کروم شش ظرفیتی از محلول آبی توسط پوست هسته انار با مدل ایزوترم فروندلیچ |   |
| ۸۰   | مقدار $R^2$ در همه مقادیر کروم بالاتر از ۰/۹۷+ نسبت به معادله درجه اول بود. | ✓                      | پیروی جذب زیستی کروم شش ظرفیتی به وسیله پلیمر زانتان b82 از معادله سرعت درجه دوم        | پیروی از معادله درجه دوم  |
| ۸۱   | میزان $R^2$ در مدل درجه دوم ۰/۹۰۳+ شد.                                      | ✓                      | پیروی از مدل شبه درجه دوم   |   |





## بحث

✓ بررسی ایزوترم و سینتیک بیوجذب فلز کروم بر روی جاذب *Prosopis Cineraria*

| منبع | دلایل  | همخوانی با مطالعه حاضر | نتایج مطالعه دیگران  | نتایج مطالعه حاضر   |
|------|--|------------------------|--|---|
| ۸۲   | میزان $R^2$ در ایزوترم جذب فروندلیچ بالاتر از سایر ایزوترم ها شد (۰/۹۶)          | ✓                      | پیروی جذب نیکل توسط خاکستر میوه بلوط از محلول آبی از ایزوترم فروندلیچ                  | پیروی داده های فرآیند جذب فلز کروم به وسیله <i>Prosopis Cineraria</i> از مدل فروندلیچ |
| ۸۳   | میزان $R^2$ در ایزوترم جذب فروندلیچ برابر ۰/۹۹ و ۰/۹۸ به ترتیب برای کادمیوم و مس | ✓                      | پیروی از دو مدل لانگمویر و فروندلیچ در جذب کادمیوم و مس توسط سبوس گندم اصلاح شده       |   |
| ۸۴   | مقدار $R^2$ برای هر دو ایزوترم برابر ۰/۹۹  | x                      | تبعیت جذب کروم با جلبک سبز ادوگانیم از مدل لانگمویر و فروندلیچ                         |   |
| ۸۵   | $R^2$ برابر ۰/۹۹۶  | x                      | تطابق جذب یون کروم توسط جلبک سبز تک سلولی <i>Chlorella sorokiniana</i> با مدل لانگمویر |   |
| ۸۶   | دارای بالاترین ضرایب همبستگی به ترتیب برابر ۰/۹۹۸۳ و ۰/۹۹۲۴ و ۰/۹۹۷۷             | x                      | تبعیت از مدل لانگمویر برای جذب عناصر کروم، مس و روی به وسیله جلبک اسپیروژیر            |   |



## بحث

✓ بررسی ایزوترم و سینتیک بیوجذب فلز کروم بر روی *Prosopis Cineraria*

| منبع | دلایل                                       | همخوانی با مطالعه حاضر | نتایج مطالعه دیگران  | نتایج مطالعه حاضر   |
|------|---|------------------------|--|---|
| ۸۷   | -   | ✓                      | پیروی جذب رنگ مالاشیت گرین توسط جاذب <i>Prosopis Cineraria</i> از مدل سینتیک درجه اول  | تبعیت سینتیک جذب فلز کروم توسط جاذب <i>Prosopis Cineraria</i> از مدل درجه اول |
| ۸۸   | -   | x                      | جذب زیستی فلز سنگین سرب توسط جاذب <i>Chlorella vulgaris</i> از معادله درجه دوم   |   |
| ۸۹   | بالا تر بودن میزان $R^2$ در معادله درجه دوم | x                      | تبعیت جذب زیستی فلزات مس، کادمیوم، روی و سرب توسط جلبک <i>Ulothrix zonata</i> از فاضلاب های صنعتی از معادله سینتیکی درجه دوم |   |
| ۹۰   | $R^2 = ۰/۹۹۹۲$                              | x                      | مدل سینتیک درجه دوم در جذب یون سرب از محلول آبی توسط جاذب <i>Prosopis juliflora</i> DC نسبت به مدل درجه اول مطلوب تر بود.    |   |



## نتیجه گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد:

✓ به طور کلی راندمان حذف کروم از محلول آبی توسط جاذب زیستی *Syzygium Cumini*

نسبت به *Prosopis Cineraria* بیشتر بود که نشان دهنده توانایی بالاتر *Syzygium Cumini* نسبت به جاذب دیگر در حذف فلز کروم از محلول آبی بود.

✓ همچنین در شرایط بهینه حذف کروم توسط *Syzygium Cumini* به میزان ۹۹/۶۵ درصد در

دوز (g/100ml) ۲۹/۱۳ اتفاق افتاد. در صورتی که حذف کروم توسط جاذب *Prosopis Cineraria* به میزان ۸۹/۶۵ درصد در دوز (g/100ml) ۳/۹۸ بود.

✓ در رابطه با جاذب *Syzygium Cumini* نتایج آزمایشگاهی نشان داد که جذب فلز کروم با

مدل ایزوترم لانگمویر ( $R^2 = ۰/۹۹۵۲$ ) و مدل سینتیک درجه دوم ( $R^2 = ۰/۹۷۲۴$ ) تطابق

بهتری دارند و در مقابل نتایج حاصل از جاذب *Prosopis Cineraria* مشخص شد که جذب فلز

کروم از مدل ایزوترم فروندلیچ ( $R^2 = ۰/۹۹۸۳$ ) و مدل سینتیک درجه اول ( $R^2 = ۰/۹۹۸۳$ )

پیروی می کند.

بررسی حذف کروم با استفاده از دو بیو جاذب *Syzygiumcumini* و *ProsopisCineraria* از محیط آبی

## محدودیت های پژوهش

۱. استفاده از محلول آبی به جای فاضلاب صنعتی جهت انجام آزمایش ها
۲. عدم امکان سنجش دما به دلیل نبود امکانات
۳. دقت پایین دستگاه جذب اتمی در خواندن غلظت های پایین
۴. محدود بودن زمان کار آزمایشگاه به بازه زمانی اداری
۵. امکانات کم و محدود در آزمایشگاه پایلوت دانشکده بهداشت
۶. اختلال در روند انجام کار آزمایشگاهی بدلیل خرابی های متعدد دستگاه جذب اتمی



## پیشنهادات

- ✓ بررسی استفاده از بیوجاذب های *Syzygium Cumini* و *Prosopis Cineraria* در تصفیه فاضلاب صنعتی حاوی کروم.
- ✓ بررسی عملکرد این بیوجاذب ها در حذف دیگر فلزات سنگین مانند نیکل، جیوه و آرسنیک.
- ✓ بررسی تاثیرگذاری حضور یون های کلسیم، پتاسیم و سدیم در عملکرد این بیوجاذب ها در حذف یون های فلوراید و آرسنیک از آب زیرزمینی.
- ✓ بررسی بکارگیری دیگر مدل های جذب ایزوترم (مانند تمکین) و سینتیک (الوویچ) جهت ارزیابی بیشتر ماهیت جذب آلاینده توسط جاذب زیستی.
- ✓ بررسی میزان احیا جاذب های زیستی مورد مطالعه و مقایسه میزان کاهش راندمان آنها پس از چند بار استفاده.
- ✓ بررسی کارایی بیوجاذب های مورد مطالعه در مقیاس صنعتی و بر آورد هزینه آن.



## منابع

- Eshraghi F, Motavassel M, Roozbehani B, Fard NJH. Cadmium Removal from Aqueous Solution by Prosopis Cineraria Leaf Ash (PCLA). American Journal of Oil and Chemical Technologies: Volume. 2016;4(4).
- Devaprasath P, Solomon J, Thomas B. Removal of Cr (VI) from aqueous solution using natural plant material. Journal of Applied Sciences in Environmental Sanitation. 2007;2(3):77-83.
- Shahmaleki AA, Motevassel M, Isari AA, Anvaripour B. An effective approach for the adsorptive removal of lead from an aqueous medium using nano Prosopis Cineraria leaf ash (NPCLA): characterization, operational effects, and recyclability. Modeling Earth Systems and Environment. 2020;6(1):139-49.
- Sinha R, Bhati M, Lal M, Gupta V. Removal of Cr (VI) by Prosopis cineraria leaf powder—A green remediation. 2013.
- Salman SM, Muhammad S, Iqbal M, Aijaz M, Siddique M, Ali A, et al. Biosorption of Pb (II) and Cd (II) Ions from Aqueous Solution by Chemically Modified Syzygium cumini Leaves and its Equilibrium, Kinetic and Thermodynamic Studies. Pakistan Journal of Scientific & Industrial Research Series A: Physical Sciences. 2020;63(1):18-29.
- Nourisepehr M, Hajibagher Tehrani S, Molaei Tavani S, Ghanbari AH. The survey of biological absorption of hexavalent chromium from aqueous solutions by Wastewater stabilization pond algae. Journal of Environmental Health Engineering. 2016;3(3):249-58.
- Devaprasath P, Solomon J, Thomas B. Removal of Cr (VI) from aqueous solution using natural plant material. Journal of Applied Sciences in Environmental Sanitation. 2007;2(3):77-83.
- Vinod V, Sashidhar R, Sreedhar B. Biosorption of nickel and total chromium from aqueous solution by gum kondagogu (Cochlospermum gossypium): A carbohydrate biopolymer. Journal of hazardous materials. 2010;178(1-3):851-60.
- Ghaneian MT, Jamshidi B, Amrollahi M, Dehvari M, Taghavi M. Application of biosorption process by pomegranate seed powder in the removal of hexavalent chromium from aqueous environment. Koomesh. 2014;15(2).
- Tunali S, Akar T, Özcan AS, Kiran I, Özcan A. Equilibrium and kinetics of biosorption of lead (II) from aqueous solutions by Cephalosporium aphidicola. Separation and Purification Technology. 2006;47(3):105-12.
- Golbabae F, Ghahri A. Equilibrium and kinetics studies of hexavalent chromium biosorption from aqueous solutions using xanthan B82 polymer granules. Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering. 2011;30(2):11-24.



## تشکر و قدردانی

از حمایت‌های ارزنده استاد فرهیخته جناب آقای دکتر رضا قنبری که در کلیه مراحل تحقیق با راهنمایی و مشاوره‌های اندیشمندانه خود برای تکمیل و ارتقاء کیفیت این رساله کمک موثری داشتند، نهایت تشکر را دارم.

تشکر ویژه خود را تقدیم می‌کنم به استاد گرانقدر جناب آقای دکتر حمزه علی جمالی که با کمال صبر و نهایت سخاوت، دانسته‌های خویش را در اختیار بنده گذاشتند.

در پایان بر خود لازم میدانم از کارشناسان محترم آزمایشگاه‌های شیمی محیط و آنالیز دستگاهی، خانم مهندس کریمی و خانم مهندس موسی خانی که در تدوین این تحقیق مرا یاری کردند، صمیمانه تشکر و قدردانی کنم.





مقدمه

مروری بر منابع

مواد و روش ها

نتایج و بحث

نتیجه گیری

پیشنهادهات

# عنوان مقاله : بهینه سازی حذف کروم با استفاده از دو بیو جاذب Prosopis Cineraria و Syzygium cumini از محیط آبی به روش سطح پاسخ

## کد مقاله : A-10-1360-2

### مجله دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران

بهینه سازی حذف کروم با استفاده از دو بیو جاذب Prosopis Cineraria و Syzygium cumini از محیط آبی به روش سطح پاسخ

چکیده:

**زمینه و هدف:** فلزات سنگین به دلیل عدم تجزیه به صورت شیمیایی یا فرآیندهای زیستی از آلاینده های پایدار محیط زیست هستند. هدف از انجام این مطالعه بررسی حذف کروم با استفاده از دو بیو جاذب (PC) Prosopis cineraria و Syzygium cumini (SC) در تصفیه فاضلاب حاوی کروم بود.

**روش بررسی:** طراحی آزمایش ها و آنالیز داده ها به روش سطح پاسخ (RSM) به صورت طرح مرکب مرکزی (CCD) انجام شد. در این تحقیق متغیرهای مستقل و دامنه هر یک از آنها شامل دوز SC (۳، ۲۱، ۳۰ و ۳۹ g/L)، دوز PC (۱، ۲، ۳، ۴ و ۵)، زمان تماس SC (۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ دقیقه)، زمان تماس PC (۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰ و ۷۵ دقیقه)، غلظت اولیه کروم (۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ mg/L) و pH (۲، ۲/۵، ۳ و ۳/۵) بود.

**یافته ها:** در شرایط بهینه، حذف کروم توسط SC به میزان ۹۹/۶۵ درصد اتفاق افتاد که نسبت به PC به میزان ۱۰ درصد بیشتر بود. جذب فلز کروم در رابطه با SC با مدل ایزوترم لانگمویر ( $R^2=0/9952$ ) و مدل سینتیک درجه دوم ( $R^2=0/9724$ ) تطابق بهتری دارد و در PC با مدل ایزوترم فروندلیچ ( $R^2=0/9983$ ) و مدل سینتیک درجه اول ( $R^2=0/9983$ ) پیروی می کند. همچنین بهترین شرایط جذب در دوز ۳/۹۸ gr/L، غلظت اولیه کروم ۲۵/۴۱ mg/L، زمان ۵۹/۸۲ دقیقه و pH برابر ۲/۰۲ برای PC و نیز دوز ۲۹/۱۳ gr/L، غلظت اولیه کروم ۳۲/۶۹ mg/L، زمان ۱۱۸/۵۸ دقیقه و pH برابر با ۲/۹۷ برای SC بدست آمد.

**نتیجه گیری:** استفاده از این دو جاذب برای حذف فلز کروم کارایی خوبی دارد. راندمان حذف کروم از محلول آبی توسط SC بیشتر از PC بود.

**کلمات کلیدی:** حذف کروم، جاذب Syzygium Cumini، جاذب Prosopis Cineraria، روش سطح پاسخ، بهینه سازی عددی





با سپاسی از توجه شما